

A IMPORTÂNCIA DE ATIVIDADES INVESTIGATIVAS SOBRE A MONITORIZAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA ÁGUA DO MAR NUM CONTEXTO DE ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS: UM ESTUDO COM ALUNOS DOS 1.º E 2.º CICLOS DO ENSINO BÁSICO

ANA TERESA NEVES^{1,2}, DIANA BOAVENTURA^{1,3}, JAIME SANTOS¹, PAULO MARANHÃO⁴, PAULA COLARES PEREIRA¹, MARIA FILOMENA CALDEIRA¹, ANTÓNIO PONCES DE CARVALHO¹

¹ Centro de Investigação e Estudos João de Deus, Escola Superior de Educação João de Deus, Lisboa, Portugal

² Instituto de Educação da Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal

³ MARE – Centro de Ciências do Mar e do Ambiente, Laboratório Marítimo da Guia, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Cascais, Portugal

⁴ MARE – Centro de Ciências do Mar e do Ambiente, ESTM, Instituto Politécnico de Leiria, Peniche, Portugal

Resumo

Num contexto de alterações climáticas é importante consciencializar a comunidade para o impacto destas nos oceanos. O objetivo deste estudo foi compreender o efeito da participação de alunos do 1.º e 2.º Ciclos do Ensino Básico em atividades multidisciplinares sobre a importância da monitorização dos parâmetros físico-químicos da água do mar, no desenvolvimento de competências. As atividades tiveram diferentes formatos e foram implementadas em sala de aula e num laboratório de uma instituição de Ensino Superior.

Participaram neste estudo, realizado no ano letivo de 2017/2018, 312 alunos de 14 turmas, pertencentes a 8 escolas da região de Lisboa. Foi aplicada uma metodologia mista com recurso a: pré-teste e pós-teste aos alunos, análise documental dos materiais produzidos pelos alunos e inquérito por entrevista semiestruturada aos professores titulares de cada turma.

Os resultados deste estudo indicam que a participação em atividades investigativas, potenciou nos alunos, o desenvolvimento de competências nas áreas de: linguagens e textos; pensamento crítico, raciocínio e resolução de problemas; conhecimento científico e tecnológico; relacionamento interpessoal; bem-estar, saúde e ambiente.

Este estudo reforça a importância do desenvolvimento de atividades de natureza investigativa no desenvolvimento de competências nos alunos como também na compreensão sobre a natureza da ciência.

Palavras-chave: Atividades investigativas; Educação; Alterações Climáticas; Competências.

Abstract

In a climate change scenario, it is important to aware society to the impact of climate change on the oceans. Our study aimed to understand the effect of children's participation in interdisciplinary science activities about the importance of monitoring physical-chemical parameters of sea water on skills development in Elementary and Middle Schools. These activities assumed different formats and were designed to be applied in the classroom and in a research laboratory from a Research Institution.

Participated in this study, in the 2017/2018 school year, 312 children from 14 classes (4th and 5th grades) from 8 schools. Data were collected from pre and posttest to children, document analysis (e.g. children's worksheets in classroom activities) and interviews to in-service teachers. The findings showed that students' participation in inquiry-based activities promoted the development of some skills: language proficiency; critical thinking and problem solving; scientific and technological knowledge, collaborative work and environmental awareness.

This study reinforces the importance of inquiry-based activities to improve the children's skills and understanding the nature of science.

Keywords: Inquiry-based activities; Education; Climate Change; Skills.

1 Introdução

Vivemos atualmente, num mundo marcado por um conjunto de controvérsias sociocientíficas, tornando-se imperativo formar alunos com conhecimento e capacidades que lhes permita tomar decisões de forma crítica e fundamentada com base em evidências científicas (Holbrook & Rannikmae, 2007; Osborne & Dillon, 2008; Reis, 2013). Para tal, de acordo com recomendações internacionais, o currículo das ciências, deve promover a própria compreensão da ciência e o desenvolvimento de um conjunto diversificado de capacidades, atitudes e valores para fazer face aos desafios do atual século, nomeadamente, o pensamento crítico e resolução de problemas, a comunicação, o trabalho colaborativo e a criatividade e inovação (Comissão Europeia [CE], 2004; Galvão & Abrantes, 2005; Organização para a Cooperação e Desenvolvimento [OCDE], 2003; Osborne, 2003; Osborne & Collins, 2001), através da implementação de atividades de natureza investigativa (*Inquiry-Based Science Education*). Esta abordagem implica o envolvimento dos alunos em atividades de investigação, sobre contextos reais e com aplicação prática, o que permitirá que desenvolvam competências e que aprendam ciência e sobre a natureza da ciência (Gillies & Nichols, 2015; Riga, Winterbottom, Harris, & Newby, 2017; Rocard et al., 2007). Atividades desta natureza incluem a resolução de problemas, realização de observações, a planificação e a resolução de experiências, análise e interpretação de dados, o questionamento, pesquisa de informação, formulação de hipóteses e discussão e argumentação (Bybee, 2000). Para além disso, a exploração de espaços fora de sala de aula, são uma mais-valia no processo de aprendizagem dos alunos. Recursos exteriores à sala de aula, como laboratórios, centros de investigação, museus ou saídas de campo oferecem um ambiente propício e mais motivador para os alunos, promovendo não só desenvolvimento de competências, mas também a promoção de uma aprendizagem científica significativa (Bell, Lewenstein, Shouse, & Feder, 2009; Boaventura, Faria, Chagas, & Galvão, 2013; Guilherme, Faria, & Boaventura, 2016; Taş & Gülen, 2019). Uma investigação realizada com alunos do 1.º Ciclo do Ensino Básico mostrou que, após a participação dos alunos em atividades IBSE sobre a temática das alterações climáticas, estes não só aumentaram o seu conhecimento científico em relação aos efeitos das alterações climáticas nos oceanos, como também desenvolveram determinadas competências, tais como, capacidade de formular previsões, de realizar observações, de usar corretamente linguagem científica, de comunicar e argumentar (Boaventura, Faria, & Guilherme, 2020).

As atividades antropogénicas estão ligadas a fenómenos negativos no nosso planeta, como por exemplo, desflorestação, poluição, alterações climáticas e perda de biodiversidade (Gibson & Venkateswar, 2015). A principal causa das alterações climáticas é a emissão antropogénica de gases de efeito de estufa (GEE) para a atmosfera (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2014). Nos ecossistemas marinhos, o aumento do CO₂ atmosférico e as alterações climáticas estão associadas a subseqüentes alterações da temperatura e estratificação da água do mar, entrada de nutrientes, teor de oxigénio e acidificação (Doney et al., 2012; Orr et al., 2005). Os oceanos absorvem 30% do calor adicional, resultado do efeito de estufa. Como consequência, a temperatura média da superfície da água do mar aumentou em 40 anos (1971 a 2011) cerca de 0,44 ° C. Para além do calor absorvido pelos oceanos, os oceanos também absorvem o CO₂ acumulado na atmosfera. O CO₂ reage com a água do mar e produz ácido carbónico, o que provoca a acidificação (IPCC, 2014). Como resposta às alterações climáticas, observam-se alterações nos padrões de distribuição e abundância das espécies, especialmente em uma escala biogeográfica (Helmuth, Mieszkowska, Moore, & Hawkins, 2006). Assim sendo, a monitorização a longo prazo é essencial para compreender o impacto das alterações climáticas nos ecossistemas marinhos (Doney et al., 2012).

Sendo as alterações climáticas um dos problemas da atualidade, a educação em alterações climáticas, promove a capacidade de adaptação dos sistemas educativos a problemas atuais, criando sociedades resilientes. Medidas de sucesso de adaptação e mitigação, requerem conhecimento, capacidades e mudanças comportamentais, que só a educação pode facultar (Anderson, 2010; IPCC, 2014). Na última década, Organizações internacionais, como a UNESCO, UNEP e a UNICEF, incorporaram na sua agenda de trabalho o tópico da educação em alterações climáticas, recomendando que as escolas incorporem este tópico nos seus currículos (Anderson, 2012). A educação em alterações climáticas deve focar-se em conceitos científicos sobre as alterações climáticas e o seu impacto no planeta Terra. Para além disso, deve ser promovido o desenvolvimento de determinadas capacidades, tais como, o questionamento, o raciocínio, a resolução de problemas, o pensamento crítico e a tomada de decisão, enfatizando papel ativo que cada cidadão pode assumir no combate às alterações climáticas (Burke, Sanson, & van Hoorn, 2018; IAP, 2017; Stevenson, Nicholls, & Whitehouse, 2017; Tolppanen & Aksela, 2018). Um relatório apresentado em maio de 2020 pela *ALLEA Science Education working group* (ALLEA, 2020) fez um levantamento dos programas de educação em alterações climáticas na Europa, e concluiu que apenas 25,0% das iniciativas analisadas inclui atividades para alunos do

1.º Ciclo do Ensino Básico e apenas 17 em 67 iniciativas é que contemplavam uma componente de desenvolvimento profissional para os professores.

Em Portugal, o documento da Direção-Geral de Educação, Referencial de Educação Ambiental para a Sustentabilidade para a Educação Pré-Escolar, o Ensino Básico e o Ensino Secundário (Câmara et al., 2018), refere que no 1.º Ciclo do Ensino Básico um dos temas a serem abordados é as alterações climáticas, nomeadamente, as causas e consequências e a adoção de comportamentos que promovam a adaptação e a mitigação.

No presente estudo, foram criadas atividades seguindo uma abordagem investigativa sobre as causas e consequências das alterações climáticas nos ecossistemas marinhos. As atividades assumiram diferentes formatos, como: realização de investigações empíricas experimentais, implementação de tarefas de resolução de problemas e participação em atividades de discussão. As atividades foram desenhadas para serem implementadas em sala de aula e em laboratório. Foi aprofundada a monitorização dos parâmetros físico-químicos da água do mar (salinidade, temperatura, pH, % de oxigénio dissolvido e concentração de diversos nutrientes – amónia, fosfatos, nitritos e nitratos). Pretendia-se com esta atividade que os alunos reconhecessem a importância de monitorizar os parâmetros físico-químicos para avaliar o impacto das alterações climáticas nos oceanos e proporcionar-lhes o contacto com instrumentos científicos.

Com este estudo pretendeu-se responder às seguintes questões de investigação:

Qual o efeito da participação dos alunos em atividades investigativas no conhecimento científico sobre a importância da monitorização dos parâmetros físico-químicos num contexto de alterações climáticas?

Que capacidades e atitudes foram desenvolvidas pelos alunos ao participarem em atividades investigativas sobre a importância da monitorização dos parâmetros físico-químicos num contexto de alterações climáticas?

2 Metodologia

Dada a natureza das questões de investigação, neste estudo optou-se por uma metodologia de investigação de métodos mistos, que combina tanto métodos quantitativos como qualitativos, possibilitando uma melhor compreensão do estudo em causa.

Foram desenvolvidas atividades em dois contextos diferentes: i) primeiro em sala de aula com recurso a instrumentos de medição simples e, posteriormente, ii) num laboratório de investigação com recurso a equipamento científico para a medição de cada parâmetro.

2.1 Participantes

Participaram neste estudo 11 turmas do 4.º ano do 1.º Ciclo do Ensino Básico provenientes de 7 escolas diferentes (8 do ensino privado e 3 do ensino público) e 3 turmas do 5.º ano do 2.º Ciclo do Ensino Básico de 2 escolas diferentes (1 do ensino privado e 2 do ensino público), do concelho de Lisboa.

Na atividade experimental na sala de aula participaram 312 alunos de 11 turmas do 4.º ano do 1.º Ciclo do Ensino Básico e 3 turmas de 5.º ano do 2.º ciclo do Ensino Básico de 8 escolas diferentes da região de Lisboa (4 escolas privadas e 4 escolas públicas) e a proporção de alunos género feminino foi de 46,0% e do género masculino foi de 54,0%. No que diz respeito à atividade laboratorial realizada participaram 253 alunos de 11 turmas de 4.º ano do 1.º Ciclo do Ensino Básico e 1 turma de 5.º ano do 2.º Ciclo do Ensino Básico de 7 escolas diferentes da região de Lisboa (4 escolas privadas e 3 escolas públicas), sendo que a proporção de alunos do género feminino foi de 45% e do género masculino 55,0%. Por questões de natureza logística, duas turmas que participaram na atividade experimental em sala de aula não participaram na atividade laboratorial. Os professores titulares das turmas acompanharam as atividades em conjunto com os seus alunos. Toda a investigação assumiu e respeitou todo o conjunto de objetivos, princípios e orientações de foro ético. Foi enviado a todos os intervenientes deste estudo (diretores dos agrupamentos escolares, professores, investigadores e encarregados de educação) um pedido de autorização para a realização do mesmo, com um breve resumo do objetivo do estudo, o tipo de participação, o tipo de utilização dos dados durante a investigação, a sua disseminação, armazenamento e os procedimentos utilizados para garantir a confidencialidade e anonimato dos dados.

2.2 Desenvolvimento do estudo com os participantes

A primeira atividade investigativa realizada em sala de aula foi criada e dinamizada pelos estudantes do curso de Mestrado em Educação Pré-Escolar e Ensino do 1.º Ciclo do Ensino Básico e do curso de Mestrado em Ensino do 1.º Ciclo do Ensino Básico e de Matemática e Ciências Naturais no 2.º Ciclo do Ensino Básico, no âmbito do seu estágio profissional. Numa primeira etapa, os alunos do ensino básico foram organizados em grupos de trabalho, grupos esses definidos pelo professor titular, de acordo com as preferências dos alunos e/ou pelo comportamento e desempenho em atividades de trabalho colaborativo. Foi distribuída uma folha de registos (protocolo/relatório). Inicialmente foi feita uma contextualização, com recurso a duas notícias de jornal e apresentações *PowerPoint*, sobre o conceito de alterações climáticas, as respetivas causas, os efeitos nos parâmetros físico-químicos, a importância da sua monitorização e quais os principais parâmetros a monitorizar. De seguida, foi colocada a questão problema – Como se monitorizam os parâmetros físico-químicos da água do mar? - e identificadas as conceções alternativas dos alunos, pedindo que cada aluno registasse no protocolo as suas respostas às seguintes questões: a) Que procedimentos adotam os cientistas para analisar os parâmetros físico-químicos? b) Que parâmetros físico-químicos da água são monitorizados pelos cientistas? Posteriormente, foi discutida com os alunos a planificação da experiência, indicando o material que cada grupo iria precisar e o procedimento experimental para medir o pH, temperatura, cor e turbidez de diferentes amostras de água. Foi feita uma clarificação de aquilo que se iria medir e/ou observar, o que iria mudar e o que se iria manter ao longo da experiência. Foi distribuído por cada grupo um tabuleiro com 6 copos com diferentes tipos de água: i) água sem nada adicionado (copo controlo); ii) água com limão; iii) água com sal; iv) água aquecida; v) água destilada; vi) água do mar. Após esse momento, os alunos executaram a experiência seguindo as etapas do procedimento indicado no protocolo para medir os parâmetros físico-químicos das diversas amostras e registaram as observações. Após o registo dos resultados, promoveu-se o confronto entre previsões e resultados, levando à conclusão com a resposta às duas questões iniciais do protocolo. Foram ainda clarificados alguns conceitos científicos inerentes à atividade experimental, como o conceito de pH.

A segunda atividade foi realizada nos laboratórios foi implementada por investigadores da própria instituição. Em primeiro lugar foi feito um enquadramento da atividade prevista, promovendo a interligação com as experiências anteriormente realizadas em sala de aula. De seguida, os alunos foram distribuídos por dois laboratórios onde realizaram medições dos diferentes dos parâmetros físico-químicos da água do mar, com o apoio de um investigador. Num dos laboratórios, os alunos mediram a temperatura, salinidade, pH e percentagem de oxigénio dissolvido na água, com recurso a instrumentos científicos de medição, como sondas e termómetros. No outro laboratório realizaram a medição das concentrações de nitratos e fosfatos através de testes de medição. No final, trocaram de laboratório garantindo que todos os alunos realizassem ambas as atividades.

Tanto na atividade experimental em sala de aula como na atividade laboratorial realizada no laboratório os professores observaram o desempenho dos seus alunos e geriram o comportamento destes.

2.3 Recolha dos dados

Para responder às questões de investigação foram analisados os registos dos alunos na atividade experimental em sala de aula. Estas folhas de registo (protocolo/relatório) foram criadas e implementadas por alunos do curso de Mestrado em Educação Pré-Escolar e Ensino do 1.º Ciclo do Ensino Básico e do curso de Mestrado em Ensino do 1.º Ciclo do Ensino Básico e de Matemática e Ciências Naturais no 2.º Ciclo do Ensino Básico. A folha de registos incluía um conjunto de campos – introdução, questão-problema, previsões, material, procedimento, resultados e conclusões – para os alunos preencherem no decorrer da atividade.

No início e no final da atividade laboratorial, foi também aplicado aos alunos um pré-teste e um pós-teste, criado e validado pela equipa de investigação do projeto. Este instrumento incluiu um conjunto de perguntas diretas sobre o efeito das alterações climáticas nos parâmetros físico-químicos da água do mar, a importância da monitorização desses parâmetros e qual o procedimento a efetuar para se obter um registo contínuo de dados. O teste era composto por cinco questões. A primeira questão de escolha múltipla incidiu sobre a finalidade da monitorização dos parâmetros físico-químicos da água do mar para os cientistas. A segunda questão, sob a tipologia de verdadeiro e falso, recaiu sobre as características de cada parâmetro físico-químico. A terceira e a quarta questão, ambas de escolha múltipla, foram sobre quais os parâmetros físico-químicos da água do mar a monitorizar para estudar o efeito das alterações climáticas e que instrumentos são usados para medir cada parâmetro. Por último, a quinta questão, foi de resposta aberta para os alunos enunciarem as principais diferenças entre a monitorização dos parâmetros físico-químicos na atividade

A importância de atividades investigativas sobre a monitorização dos parâmetros físico-químicos da água do mar num contexto de alterações climáticas: Um estudo com alunos dos 1.º e 2.º ciclos do ensino básico

experimental em sala de aula e na atividade experimental realizada nos laboratórios. É de salientar que apenas foram considerados para análise os dados relativos aos alunos que tinham respondido ao pré-teste e pós-teste.

No final das atividades, foi aplicado um inquérito por entrevista semiestruturada aos professores, com o objetivo de aprofundar, com base na sua observação participante, qual a sua perceção sobre o efeito das atividades investigativas no conhecimento científico dos alunos e que capacidades e atitudes que foram desenvolvidas por estes.

Os guiões de entrevista foram validados conceptualmente por especialistas em educação em ciências e modificado a partir das sugestões apresentadas. Todas as entrevistas foram gravadas para posterior transcrição. No início de cada entrevista, foi pedida autorização para gravação e garantida as questões de confidencialidade, ficando apenas disponíveis as transcrições como ficheiro final.

2.4 Análise dos dados

Para as folhas de registo (protocolo/relatório) foram contabilizadas as frequências de cada opção escolhida em cada questão de acordo com os critérios de classificação presentes no quadro 1.

Relativamente aos pré-teste e pós-testes, foi atribuído um código específico para haver uma correspondência entre as respostas de ambos. Foram também contabilizadas as frequências de respostas em cada questão.

Para o tratamento dos dados provenientes da transcrição das entrevistas, procedeu-se à análise de conteúdo. A análise teve em consideração as categorias definidas a priori tendo como base o guião de entrevista e também categorias que emergiram no decorrer da análise. Utilizou-se o software N-Vivo (versão 12) para analisar o conteúdo das entrevistas.

Quadro 1: Objetivo e domínio de cada questão da folha de registos

Questão	Objetivo	Domínio
Quais são os parâmetros físico-químicos da água do mar que achas mais importantes monitorizar devido às alterações climáticas?	Identificar as previsões da atividade experimental	Capacidades
Como se medem esses parâmetros físico-químicos?		
O que vamos manter, mudar e medir?	Planificar a experiência e identificar as variáveis a manter, mudar e medir	Capacidades
Completa as frases	Tirar conclusões a partir das observações realizadas	Capacidade
Seleciona os parâmetros físico-químicos que são essenciais a monitorizar	Identificar quais são os parâmetros físico-químicos essenciais à monitorização	Conhecimento

3 Resultados

3.1 Folha de registos (protocolo/relatório)

Na atividade experimental em sala de aula, os alunos foram completando as várias etapas na folha de registos, ao longo da experiência. Antes de dar início à experiência, 70,2% dos alunos evidenciaram não ter capacidade de prever quais os parâmetros físico-químicos da água são monitorizados pelos cientistas. Também a maioria dos alunos (77,2%) foi incapaz de prever quais são procedimentos que os cientistas adotam para

analisar os parâmetros físico-químicos. Durante o planeamento da experiência, a grande maioria dos alunos (88,1%) conseguiu identificar corretamente quais as variáveis a medir, a manter e modificar (figura 1).

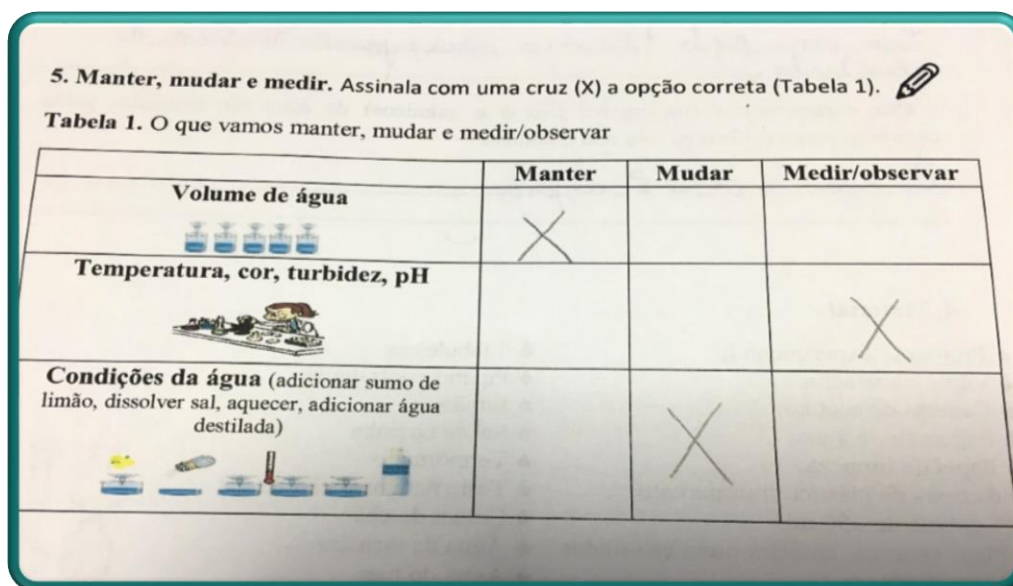


Figura 1: Exemplo da resposta de um aluno à questão “O que vamos manter, mudar e medir?”

No decorrer da experiência: 98,4% dos alunos registaram corretamente qual o copo com a temperatura mais elevada; 99,7% reconheceram adequadamente qual o copo que apresentou mudança de cor; 64,1% identificaram corretamente o copo com o pH mais alcalino; 79,5% dos alunos indicaram corretamente o copo com a água mais ácida e 83,7% dos alunos registaram corretamente quais os copos com a água com um pH neutro (figura 2).

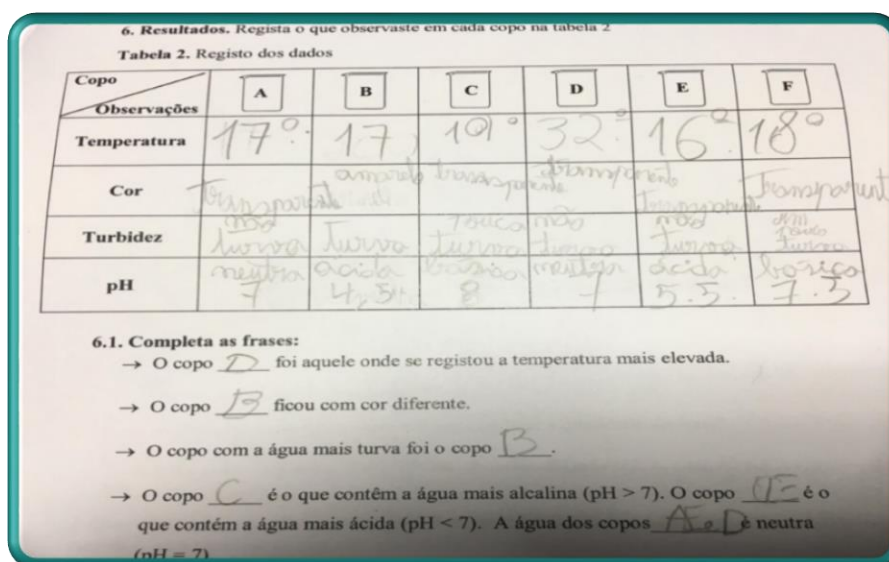


Figura 2: Exemplo de um registo realizado por um aluno

No final da atividade, verificou-se que 90,6% dos alunos selecionaram corretamente os parâmetros físico-químicos da água do mar que podem ser monitorizados, num contexto de alterações climáticas.

3.2 Pré-teste e pós-teste aplicado aos alunos

Os resultados dos pré-teste e pós-testes revelaram um aumento do conhecimento dos alunos sobre: a importância da monitorização dos parâmetros físico-químicos; de quais os parâmetros a monitorizar e do seu significado e de que forma é que estes valores podem ser recolhidos.

A importância de atividades investigativas sobre a monitorização dos parâmetros físico-químicos da água do mar num contexto de alterações climáticas: Um estudo com alunos dos 1.º e 2.º ciclos do ensino básico

Após a atividade laboratorial, 62,5% dos alunos identificaram corretamente a finalidade da monitorização dos parâmetros físico-químicos da água do mar (figura 3).

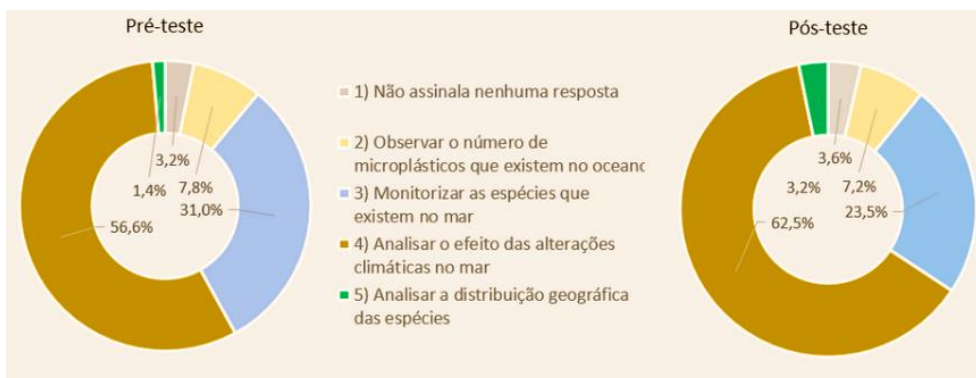


Figura 3: Importância da monitorização dos parâmetros físico-químicos da água do mar para os cientistas (Seleção da opção correta)

No exercício sobre o significado dos diversos parâmetros que consistia em classificar como verdadeiro ou falso verificou-se que no pós-teste: 53,0% identificaram corretamente que um teste de pH não permite medir o oxigénio dissolvido na água; 62,1% dos alunos assinalaram corretamente como verdadeiro que o valor de pH da água do mar é superior ao da água destilada; 56,4% indicaram acertadamente como falso que o valor da temperatura pode ser medido através de uma sonda de oxigénio e 64,1% dos alunos assinalaram corretamente como verdadeiro que a salinidade da água do mar é superior à da água destilada. Contudo, apenas a segunda afirmação “A água do mar tem um valor de pH mais alto (>7) do que a água destilada” é que teve um aumento do número de respostas corretas no pós-teste (quadro 2).

Quadro 2: Análise da veracidade de afirmações sobre parâmetros físico-químicos (OC – opção correta, n=253)

Afirmações	Verdadeiro/Falso	Pré-teste	Pós-teste
O teste de pH permite verificar o oxigénio dissolvido existente na água	Falso (OC)	56,0%	53,0%
	Verdadeiro	44,0%	47,0%
A água do mar tem um valor de pH mais elevado ($p > 7$) do que a água destilada	Falso	46,1%	37,9%
	Verdadeiro (OC)	53,9%	62,1%
É possível medir a temperatura da água do mar através de uma sonda de oxigénio	Falso (OC)	64,6%	56,4%
	Verdadeiro	35,4%	43,6%
A salinidade da água do mar é superior à da água destilada	Falso	28,8%	35,9%
	Verdadeiro (OC)	71,2%	64,1%

Relativamente aos parâmetros físico-químicos da água do mar que se devem monitorizar, 21,7% dos alunos assinalaram corretamente no pós-teste, verificando-se um aumento de 17,1% em relação ao pré-teste (figura 4)

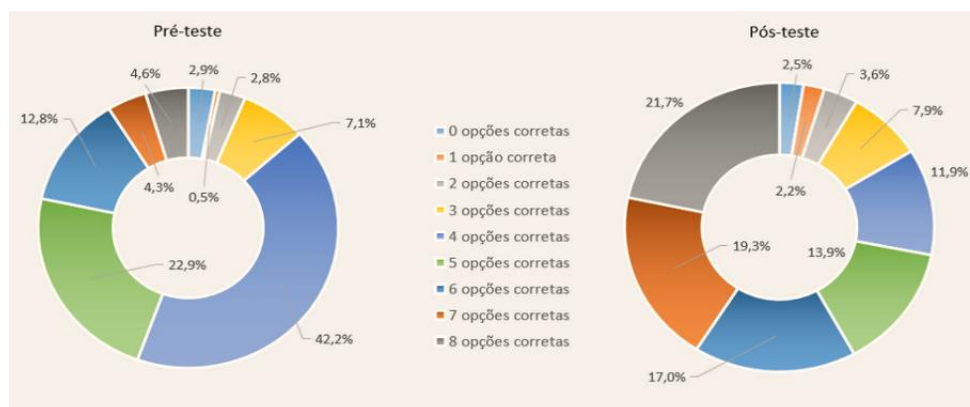


Figura 4: Número de opções corretas identificadas pelos alunos sobre quais os parâmetros físico-químicos a monitorizar

No que se refere ao conhecimento processual sobre os instrumentos utilizados foi possível constatar que no pós-teste: 41,1 % dos alunos assinalaram corretamente que o oxigénio é medido através de uma sonda com um aumento de 16 % face ao pré-teste; 81,9% indicaram corretamente que a temperatura é medida através de um termómetro com um aumento de 2,5% face ao pré-teste; 34,3% distinguiram de forma correta que a salinidade da água do mar é medida por um condutivímetro com um aumento de 3,7% face ao pré-teste; e 28,8% assinalaram que os nitratos e fosfatos são medidos através de um teste de medição com um aumento de 12,1% face ao pré-teste.

Na última questão do pré-teste e pós-teste, em que o objetivo era a identificação das principais diferenças entre a atividade experimental de sala de aula e a atividade experimental no laboratório da ESTM-IPL, 53,4% dos alunos assinalou no pós-teste pelo menos uma das diferenças (na metodologia/instrumentos ou nos parâmetros físico-químicos analisados).

Exemplos de diferenças encontradas pelos alunos no que se refere ao trabalho em laboratório:

“No laboratório foi feita a experiência com máquinas.” (Aluno 1).

“Usámos sondas, recipientes e medidores.” (Aluno 2).

“pH, fosfatos, amónia, salinidade.” (Aluno 3).

“Medimos os nitratos, nitritos, pH, amónia, salinidade e oxigénio dissolvido.” (Aluno 4).

3.3 Entrevista aos professores

No que diz respeito às perceções dos professores, observou-se que 16,6% consideraram que os alunos aumentaram o conhecimento científico devido à componente experimental e prática presente nas atividades,

“Eu penso que sim. Na parte da metodologia, o ser cientista, de ajudar os cientistas, ajudou imenso.” (Professor 4).

Contudo, 16,7% dos professores afirmaram que o conceito pH e a sua variação não foi totalmente compreendido pelos alunos.

“Eu acho que nos parâmetros (parâmetros físico-químicos) ficaram os conceitos, mas são conceitos que necessitavam de ser mais trabalhados porque são mais abstratos.” (Professor 5)

“Eu acho que em termos de aspetos físico-químicos foi o menos apreendido (pH).” (Professor 3)

“Os alunos não entenderam o significado de algumas palavras, especialmente os termos relacionados com os parâmetros físico-químicos.” (Professor 8)

A análise dos resultados da perceção dos professores sobre o desenvolvimento de capacidades dos alunos, revelou que: 36,0% afirmaram que os seus alunos desenvolveram a capacidade de pensamento crítico; 66,7% consideraram que os alunos melhoraram a sua capacidade de argumentação; 50,0% observaram que os alunos melhoraram a capacidade em trabalhar de forma colaborativa e 16,7% dos professores indicaram que os alunos melhoraram as suas capacidades de manipulação de materiais científicos simples.

4 Discussão

Os resultados dos pré-teste e pós-testes aplicados indicam que os alunos compreenderam a importância da prática da monitorização dos parâmetros físico-químicos para estudar o efeito das alterações climáticas nos oceanos. A educação sobre alterações climáticas tem um papel de destaque nos objetivos de desenvolvimento sustentável (Organização das Nações Unidas [ONU], 2015), preconizado no objetivo 13, que destaca a importância do combate às alterações climáticas, mas também através do objetivo 4, que refere que é essencial garantir uma educação que dote os alunos do conhecimento e competências necessárias para promover o uma sociedade sustentável. Um estudo revelou que num programa de educação em alterações climáticas sobre as emissões de CO₂, os participantes começaram a tomar decisões, tendo em vista a diminuição da sua pegada carbónica (Cordero, Centeno, & Todd, 2020). Contudo, Boon (2016) refere que os baixos níveis de conhecimento sobre esta temática são decorrentes da natureza interdisciplinar da educação em alterações climáticas. É necessário ter em consideração que as pessoas têm diferentes compreensão e crenças sobre a temática das alterações climáticas, dependendo do local onde vivem, das influências culturais, condição financeira, género e visões sobre o mundo (Kahan, Jenkins-Smith, & Braman, 2011). Desta forma, as alterações climáticas devem ser também entendidas como uma questão sociocientífica complexa (Stevenson et al., 2017).

Por outro lado, a análise dos registos dos alunos e das entrevistas aos professores demonstrou que os alunos desenvolveram determinadas capacidades e atitudes após a participação nas atividades, tais como, pensamento crítico, trabalho colaborativo, raciocínio e resolução de problemas e atitudes positivas face à ciência. Estes resultados corroboram, como é defendido pela NRC (1996, 2000, 2010) que o aluno deve experimentar o processo de investigação científica para entender a importância da ciência. Também a ALLEA (2012, 2020), afirma que a abordagem de ensino e aprendizagem através de atividades de natureza investigativa, envolve os alunos numa metodologia de trabalho que promove a formulação de questões, realização de experiências, observação e recolha de dados, pensamento crítico e raciocínio, discussão e argumentação para gerar conclusões, potenciando a compreensão e a recolha e a utilização de factos para explicar um problema e/ou hipótese.

Segundo os professores titulares que participaram nas duas atividades investigativas, a componente experimental das atividades foi essencial para a construção de conhecimento por parte dos seus alunos. O trabalho experimental fora da sala de aula é uma excelente oportunidade para promover a ligação entre a educação formal e não formal e respetivos educadores (Jose, Patrick, & Moseley, 2017). Por outro lado, o contacto direto com investigadores pode ter um impacto positivo na motivação (Gignac et al., 2022), como também no desenvolvimento de atitudes positivas face à ciência por parte dos alunos (Dijkstra & Goedhart, 2011).

Os alunos compreenderam a importância da monitorização dos parâmetros físico-químicos da água do mar e entenderam a problemática das alterações climáticas e de que forma estas estão a comprometer o equilíbrio dos ecossistemas marinhos. Foram também capazes de diferenciar os procedimentos e materiais usados na medição em sala de aula e no laboratório. De acordo com Gillies et al., (2012), os alunos estão mais motivados a aprender quanto estes são parte ativa no processo de aprendizagem, investigando problemas que despertem a sua curiosidade e que os levem a tirar conclusões com base em evidências recolhidas.

Contudo, os resultados evidenciaram que alguns alunos não compreenderam totalmente o conceito de pH. Apesar de, no pós-teste, ter havido um aumento do número de alunos que reconheceram que a água do mar tem um pH mais elevado do que a água destilada, houve um decréscimo de alunos a assinalar que a salinidade da água do mar é superior à da água destilada. Esta situação de contrassenso corrobora a percepção que os próprios professores tiveram que o pH, foi um dos conceitos em que os alunos revelaram mais dificuldades durante a atividade, o que era espetável tendo em consideração a sua faixa etária. Fenómenos químicos envolvem na maioria das vezes conceitos abstratos para os alunos, tornando-se um constrangimento para aprendizagens destes conceitos (Czysz, Schroeder, & Clark, 2020). Contudo, ainda assim, é importante abordar temas que fazem parte do quotidiano dos alunos e do ensino não formal, como os parâmetros físico-químicos num contexto de alterações climáticas.

No que diz respeito ao desenvolvimento de capacidades e atitudes, na atividade experimental em sala de aula, os alunos compreenderam, interpretaram e expressaram o conteúdo das duas notícias, promovendo uma capacitação destes na utilização de modo proficiente da língua portuguesa, aplicando uma linguagem

adequada ao contexto que estavam inseridos. Tanto na atividade experimental em sala de aula como na do laboratório, os alunos observaram os resultados das experiências centrando a discussão nas evidências obtidas, desenvolvendo assim competências na área do pensamento crítico, corroborando as percepções dos professores que os seus alunos desenvolveram a capacidade de observar, analisar e discutir os resultados das experiências, mobilizando diferentes conhecimentos para desenvolver soluções para o problema que foi enunciado.

Também se observou que os alunos executaram com rigor os vários passos dos protocolos experimentais, manuseando diversos instrumentos e materiais científicos segundo uma metodologia adequada. Segundo a percepção dos professores, em ambas as atividades, os alunos demonstraram capacidade de trabalhar colaborativamente, adequando o seu comportamento ao contexto em que se inseriam.

Os alunos desenvolveram ao longo das atividades com uma abordagem IBSE, competências preconizadas não só no Perfil do Aluno à saída da Escolaridade Obrigatória (Martins et al., 2017), como também as competências essenciais para formar cidadãos capazes de responder de forma consciente e eficaz aos problemas atuais e futuros da sociedade (Osborne & Dillon, 2008, 2010). A construção das atividades segundo esta metodologia permitiu aos alunos terem um contacto com o que cientistas fazem, podendo eles próprios formular questões, recorrerem a metodologias científicas, abrindo espaço para momentos de reflexão, pensamento crítico sobre evidências, raciocínio, entendimento de conceitos científicos e a sua aplicação no dia a dia.

Com este estudo, demonstrou-se que o desenvolvimento de abordagens mais envolventes sobre situação reais e do quotidiano proporcionam aos alunos momentos de aprendizagem com significado, tornando-os construtores do próprio conhecimento e despertando-os para a natureza da ciência em ambientes reais.

No futuro, será importante incorporar atividades de natureza investigativa sobre a temática dos parâmetros físico-químicos e a sua monitorização face às alterações climáticas em diferentes anos de escolaridade, promovendo a participação dos alunos em todas as etapas do processo de investigação científica. Para além disso, é importante não só diversificar as estratégias de recolha de dados, permitindo a sua triangulação, como também as abordagens ao tema consoante o nível de escolaridade.

Agradecimentos

Este estudo foi desenvolvido no âmbito do Projeto “EDUcar para o MAR-EDUMAR”, SAICT-POL/23480/2016, cofinanciado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia I. P. (PIDDAC) e pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional – FEDER, através Programa Operacional Regional do Centro e Programa Operacional Regional de Lisboa (LISBOA-01-0145-FEDER-023480/CENTRO-01-0145-FEDER-023480). A. T. Neves participou através da atribuição da bolsa de investigação (BIM/ESEJD/23480/2017).

Referências Bibliográficas

- Allea. (2012). *A renewal of science education in Europe*. Mexico: IAP.
- Allea. (2020). *A snapshot of climate change education initiatives in europe initial findings and implications for future climate change education*. Berlin: ALLEA. doi: 10.26356/climateeducation.
- Anderson, A. (2010). *Combating climate change through quality education*. Washington, DC: The Brookings Institution.
- Anderson, A. (2012). Climate change education for mitigation and adaptation. *Journal of Education for Sustainable Development*, 6(2), 191–206. doi: 10.1177/0973408212475199
- Bell, P., Lewenstein, B., Shouse, W. A., & Feder, A. M. (2009). *Learning science in informal environments: People, places, and pursuits*. Washington, DC: National Academies Press.
- Boaventura, D., Faria, C., Chagas, I., & Galvão, C. (2013). Promoting Science Outdoor Activities for Elementary School Children: Contributions from a research laboratory. *International Journal of Science Education*, 35(5), 796–814. doi: 10.1080/09500693.2011.583292

- Boaventura, D., Faria, C., & Guilherme, E. (2020). Impact of an inquiry-based science activity about climate change on development of primary students' investigation skills and conceptual knowledge. *Interdisciplinary Journal of Environmental and Science Education*, 16(4). doi: 10.29333/ijese/8554
- Boon, H. (2016). Pre-Service teachers and climate change: A Stalemate? *Australian Journal of Teacher Education*, 41(4), 39–63. doi: 10.14221/ajte.2016v41n4.3
- Burke, S. E. L., Sanson, A. V., & van Hoorn, J. (2018). The psychological effects of climate change on children. *Current Psychiatry Reports*, 20(5). doi: 10.1007/s11920-018-0896-9
- Bybee, R. W. (2000). Teaching science as inquiry. In J. Minstrell & E. Van Zee (Eds.), *Inquiry into inquiry: learning and teaching in science* (pp. 20–46). Washington DC: American Association for the Advancement of Science.
- Câmara, A. C., Proença, A., Teixeira, F., Freitas, H., Gil, H. I., Vieira, I., ... Castro, S. T. (2018). *Referencial de educação ambiental para a sustentabilidade para a educação pré-Escolar, o ensino básico e o ensino secundário*. Lisboa: Ministério da Educação.
- Comissão Europeia. (2004). *Europe needs more scientists: EU blueprint for action*. Brussels: European Commission.
- Cordero, E. C., Centeno, D., & Todd, A. M. (2020). The role of climate change education on individual lifetime carbon emissions. *PLoS ONE*, 15(2). doi: 10.1371/journal.pone.0206266
- Czysz, K., Schroeder, L., & Clark, G. A. (2020). Making acids and bases more basic: Supporting students' conceptualization of acid–base chemistry through a laboratory exercise that connects molecular-level representations to symbolic representations and experimentally derived evidence. *Journal of Chemical Education*, 97(2), 484–489. doi: 10.1021/acs.jchemed.9b00645
- Dijkstra, E., & Goedhart, M. (2011). Evaluation of authentic science projects on climate change in secondary schools: A focus on gender differences. *Research in Science and Technological Education*, 29(2), 131–146. doi: 10.1080/02635143.2011.581631
- Doney, S. C., Ruckelshaus, M., Emmett Duffy, J., Barry, J. P., Chan, F., English, C. A., ... Talley, L. D. (2012). Climate change impacts on marine ecosystems. *Annual Review of Marine Science*, 4, 11–37. doi: 10.1146/annurev-marine-041911-111611
- Galvão, C., & Abrantes, P. (2005). Physical and natural sciences - a new curriculum in Portugal. In P. Nentwig & D. Waddington (Eds.), *Making it relevant: context-based learning of science* (pp. 175–174). Munster: Waxman.
- Gibson, H., & Venkateswar, S. (2015). Anthropological engagement with the Anthropocene: A critical review. *Environment and Society: Advances in Research*, 6(1), 5–27. doi: 10.3167/ares.2015.060102
- Gignac, F., Righi, V., Toran, R., Errandonea, L. P., Ortiz, R., Nieuwenhuijsen, M., ... Balestrini, M. (2022). Co-creating a local environmental epidemiology study: The case of citizen science for investigating air pollution and related health risks in Barcelona, Spain. *Environmental Health*, 21(1), 11. doi: 10.1186/s12940-021-00826-8
- Gillies, R. M., & Nichols, K. (2015). How to support primary teachers' implementation of inquiry: Teachers' reflections on teaching cooperative inquiry-based science. *Research in Science Education*, 45(2), 171–191. doi: 10.1007/s11165-014-9418-x
- Guilherme, E., Faria, C., & Boaventura, D. (2016). Exploring marine ecosystems with elementary school Portuguese children: inquiry-based project activities focused on 'real-life' contexts. *Education 3-13*, 44(6), 715–726. doi: 10.1080/03004279.2015.1007884
- Helmuth, B., Mieszkowska, N., Moore, P., & Hawkins, S. J. (2006). Living on the edge of two changing worlds: Forecasting the responses of rocky intertidal ecosystems to climate change. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, Vol. 37, pp. 373–404. doi: 10.1146/annurev.ecolsys.37.091305.110149
- Holbrook, J., & Rannikmae, M. (2007). The nature of science education for enhancing scientific literacy. *International Journal of Science Education*, 29(11), 1347–1362. doi: 10.1080/09500690601007549
- IAP. (2017). *Statement on climate change and education*. Brussels: Office for Climate Education.

- IPCC. (2014). *Climate change 2014: Synthesis report. Contribution of working groups I, II and III to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. Geneve: IPCC.
- Jose, S., Patrick, P. G., & Moseley, C. (2017). Experiential learning theory: the importance of outdoor classrooms in environmental education. *International Journal of Science Education, Part B: Communication and Public Engagement*, 7(3), 269–284. doi: 10.1080/21548455.2016.1272144
- Kahan, D. M., Jenkins-Smith, H., & Braman, D. (2011). Cultural cognition of scientific consensus. *Journal of Risk Research*, 14(2), 147–174. doi: 10.1080/13669877.2010.511246
- Martins, G., Gomes, C., Brocardo, J., Pedroso, J., Carrilo, J., Silva, L., ... Rodrigues, S. (2017). *Perfil dos alunos à saída da escolaridade obrigatória* (Direção-Geral da Educação (DGE), Ed.). Lisboa: Editorial do Ministério da Educação.
- NRC. (1996). *National science education standards*. Washington DC: National Academy Press.
- NRC. (2000). *Inquiry and the national science education standards* (S. Olson & S. Loucks-Horsley, Eds.). Washington, D. C: National Academies Press. doi: 10.17226/9596
- NRC. (2010). *Exploring the intersection of science education and 21st century skills*. Washington, D. C.: National Academies Press. doi: 10.17226/12771
- OCDE. (2003). *The PISA 2003 assessment framework: reading, reading, science and problem solving knowledge and skills*. Retrieved from <https://www.oecd.org/about/2506789.pdf>
- ONU. (2015). *Objetivos de desenvolvimento sustentável. 17 Objetivos para transformar o nosso mundo*. Retrieved from https://unric.org/pt/wp-content/uploads/sites/9/2019/01/SDG_brochure_PT-web.pdf
- Orr, J. C., Fabry, V. J., Aumont, O., Bopp, L., Doney, S. C., Feely, R. A., ... Yool, A. (2005). Anthropogenic ocean acidification over the twenty-first century and its impact on calcifying organisms. *Nature*, 437(7059), 681–686. doi: 10.1038/nature04095
- Osborne, J. (2003). A Educação científica na sociedade de hoje: Dificuldades, questões & dilemas. *Gazeta de Física*, 26(2–3), 12–19.
- Osborne, J., & Collins, S. (2001). Pupils' views of the role and value of the science curriculum: A focus-group study. *International Journal of Science Education*, 23(5), 441–467. doi: 10.1080/09500690010006518
- Osborne, J., & Dillon, J. (2008). *Science education in europe: Critical reflections. A report to the Nuffield Foundation*. London: Nuffield Foudation.
- Osborne, J., & Dillon, J. (2010). *Good practice in science teaching what research has to say*.
- Reis, P. (2013). Da discussão à ação sociopolítica sobre controvérsias sócio-científicas: Uma questão de cidadania. *Ensino de Ciências e Tecnologia Em Revista*, 3(1), 1–10.
- Riga, F., Winterbottom, M., Harris, E., & Newby, L. (2017). Inquiry-based science education. In K. S. Taber & B. Akpan (Eds.), *Science Education. An international Course Companion* (pp. 247–261). Rotterdam: Sense Publishers.
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H., & Hemmo, V. (2007). *A renewed pedagogy for the future of Europe*. Brussels: European Comission.
- Stevenson, R. B., Nicholls, J., & Whitehouse, H. (2017). What Is Climate Change Education? *Curriculum Perspectives*, 37(1), 67–71. doi: 10.1007/s41297-017-0015-9
- Taş, E., & Gülen, S. (2019). Analysis of the influence of outdoor education activities on seventh grade students. *Participatory Educational Research*, 6(2), 122–143. doi: 10.17275/per.19.17.6.2
- Tolppanen, S., & Aksela, M. (2018). Identifying and addressing students' questions on climate change. *Journal of Environmental Education*, 49(5), 375–389. doi: 10.1080/00958964.2017.1417816.